

PONENCIAS

La “VENTANA MODULAR” aplicada en la rehabilitación.

Pilar Oteiza¹, Marlix Pérez², César Bedoya², Javier Neila².

Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Departamento de Física¹. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas².

Grupo de investigación ABIO, Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sostenible.

marlix.perez@upm.es

Palabras clave: Iluminación, ventilación, rehabilitación, industrialización, sostenibilidad.

RESUMEN

La ventana tradicional en España, a pesar de responder básicamente a unas premisas comunes, varía según la zona. Sin embargo, todas ellas tienen en común, funcionalmente, los siguientes aspectos:

- Iluminación natural.
- Ventilación natural.
- Contacto visual con el exterior.

Hoy en día las ventanas siguen siendo prácticamente iguales a las tradicionales, solo hay mejoras a través de la incorporación de materiales de protección térmica y acústica.

En el proyecto INVISIO (Industrialización de Viviendas Sostenibles) -subproyecto 10 (Sistemas para la optimización del comportamiento eficiente de las viviendas)- que se está desarrollando en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, en relación con los huecos de fachada, se ha diseñado el prototipo llamado VENTANA MODULAR, que integra estrategias tradicionales y mejora notablemente la iluminación y climatización del espacio interior.

La ventana modular, es un prisma rectangular, una doble envolvente dinámica, que se modifica de acuerdo a las necesidades y que contiene los elementos necesarios para responder a los cambios estacionales, tanto diurnos como nocturnos. La ventana se caracteriza por lo siguiente:

- Permite al usuario controlar su propio ambiente interior.
- Favorece la iluminación natural y el contacto visual con el exterior.
- Permite la ventilación natural en todo momento.
- Protege las superficies acristaladas de la radiación solar directa y disminuye las demandas de energía en climatización.
- Protege el interior del espacio del exceso de ruido exterior.

Mariano Vázquez Espí, refiriéndose a la rehabilitación, dice “...llegará el momento en el que solo haga falta rehabilitar o reutilizar, en el que la obra nueva sea una rareza, no la regla... de más de tres millones de viviendas construidas en España en la década de los ochenta, medio millón largo quedaron vacías, desocupadas, lo que representa la sexta parte de lo construido...”.



PONENCIAS

La aplicación de la ventana modular en el área de rehabilitación es muy útil, ya que su sistema modulado permite configurar distintas opciones, que pueden variar según el espacio disponible, la función y los acabados.

INTRODUCCIÓN

Con la transformación de las maneras constructivas de este siglo: el cerramiento se divide en capas, separando la función portante y la envolvente, por lo que la libertad de composición y dimensiones del hueco se hace casi absoluta.

Los nuevos materiales de carpinterías (madera, PVC y aluminio) de la industria química (sellantes que garantizan una mayor estanquidad) y del vidrio (variedad en el control de la luz, un aumento de la seguridad y unas protecciones térmicas), han aliviado al hueco de su responsabilidad total de ventilar e iluminar sin embargo, “el hueco” sigue siendo el elemento que relaciona el interior con el exterior, con elementos de manipulación que cumplen un papel importante, no sólo por la cantidad de nuevos productos, componentes y tecnologías hoy disponibles sino, sobre todo, por su capacidad de minimizar el consumo de energía.

En una rehabilitación, el balance energético total de la casa debe ser un equilibrio importante a lograr; no sólo se trata del buen aislamiento de las paredes exteriores y del sistema de calefacción, sino que también las ventanas tienen un papel fundamental.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Objetivos

El objetivo principal es diversificar la utilidad de la ventana modular; ya se ha comprobado mediante simulaciones, que es eficiente en espacios con sistema constructivo convencional, ahora hay que comprobar si también lo es para la rehabilitación de edificaciones.

Además de cumplir funcionalmente con los aspectos básicos mencionados anteriormente, debe contribuir en el campo de la rehabilitación con la eficiencia energética a través de:

- Captación solar.
- Inercia térmica.
- Integración de energías renovables.
- Sistemas de climatización natural.

Estudios previos

Se estudian distintos elementos de la arquitectura, para el mejoramiento de la iluminación natural interior. La base, son estudios experimentales con numerosas publicaciones sobre el ambiente luminoso [2,11,12]. Se está preparando para su construcción, una ventana industrializable con elementos para captar y distribuir la luz natural de forma óptima, proporcionando protección del soleamiento y reducción de las pérdidas de calor.

Adaptada a las condiciones climáticas de la Península Ibérica, su diseño responde al cambio estacional con elementos de captación de luz natural a través de los vidrios, y de protección solar para evitar sobrecalentamiento en la mayor parte del año.



PONENCIAS

La ventana se diseñó para responder a las características generales de las condiciones climáticas de Cáceres; y próximamente se instalará el prototipo de la ventana en una de las dos viviendas de demostración que se están construyendo en la Consejería de Fomento de la Junta de Extremadura. Hasta ahora se ha conseguido que la ventana diseñada responda a las estrategias bioclimáticas, y que sea eficiente en el sistema de modulación, lumínico y térmico.

Especificaciones técnicas de la ventana modular

Dimensiones

Después de estudiar la normativa existente para iluminación y ventilación en los Planes Generales de Ordenación Urbana de Cáceres y Madrid y el Código Técnico de la Edificación (CTE), se dimensionó la ventana con un modulo de 0,60 m, y con esto se ha conseguido que con menos área de ventana (iluminación y ventilación) se cumplen los parámetros del CTE y además se mejora la calidad de la iluminación.^[1, 5, 10]

Componentes

Bastidor: Es el contenedor en donde se anclan todos los componentes de la ventana. El bastidor funciona como premarco y/o jamba, y se anclará al suelo y al muro.

Área superior (montante): Cumple la función principal de iluminar, mediante la reflexión de la luz natural en la bandeja de captación; además contiene una serie de elementos manipulables que completan el funcionamiento de la ventana, según las necesidades del usuario y según la estación.

Área central: de 1,20 m de alto, su principal función es permitir ver y tener contacto con el ambiente exterior (cuando las condiciones sean favorables), además de ventilar e iluminar naturalmente la zona más cercana a la ventana, funciona como invernadero.

Área inferior: de 0,90m de alto, diseñada para funcionar como muro Trombe en invierno, y para permitir la ventilación en verano.

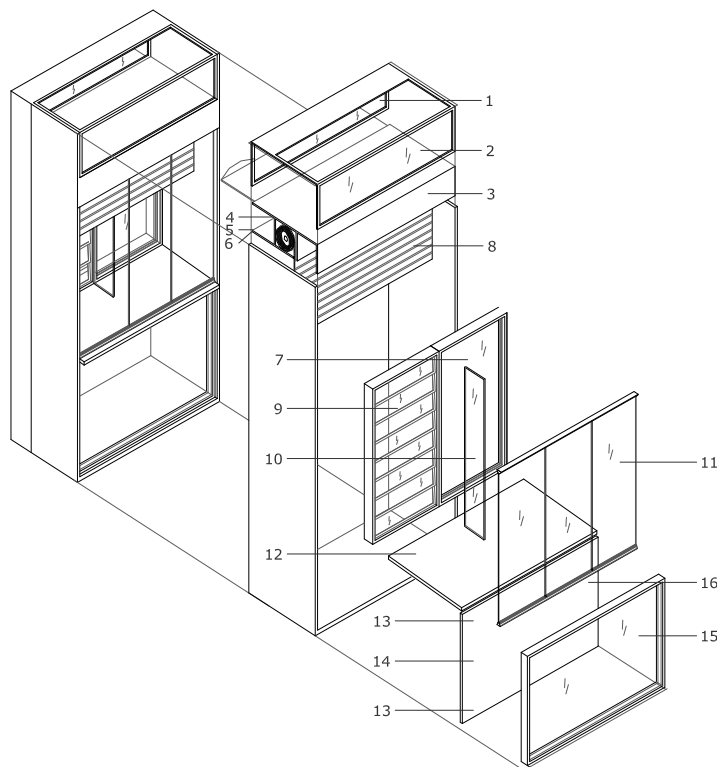


Figura 1.- Componentes de la ventana modular.

Área superior:

1. Acristalamiento practicable.
2. Bandeja de captación solar.
3. Protección solar.
4. Aireador.
5. Lámpara de iluminación difusa.
6. Cortina, estor o persiana interna.

Área central:

7. Vidrio oscilobatiente.
8. Persianas graduables.
9. Celosía transparente.
10. Elemento fijo transparente.
11. Cierre exterior deslizante y plegable.
12. Alfeizar.

Área inferior:

13. Rejillas o aireador.
14. Contenedor de material de cambio de fase.
15. Acristalamiento practicable.
16. Puertas batientes.

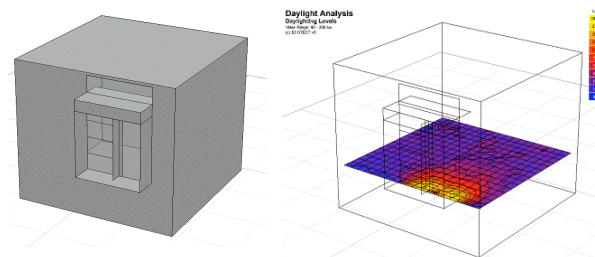


PONENCIAS

Evaluación de la eficiencia

Lumínica, con el programa Ecotect

a) Ventana modular



b) Ventana convencional

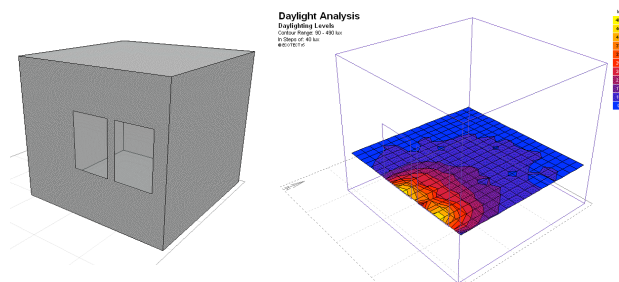


Figura 2.- Iluminancia interior sobre plano horizontal recibida a las 12 h del 21 de diciembre en una Latitud de 39° N, para una iluminancia exterior de 10000 lux: a) con ventana modular; b) con ventana convencional. Elaboración: Ignacio Anta.

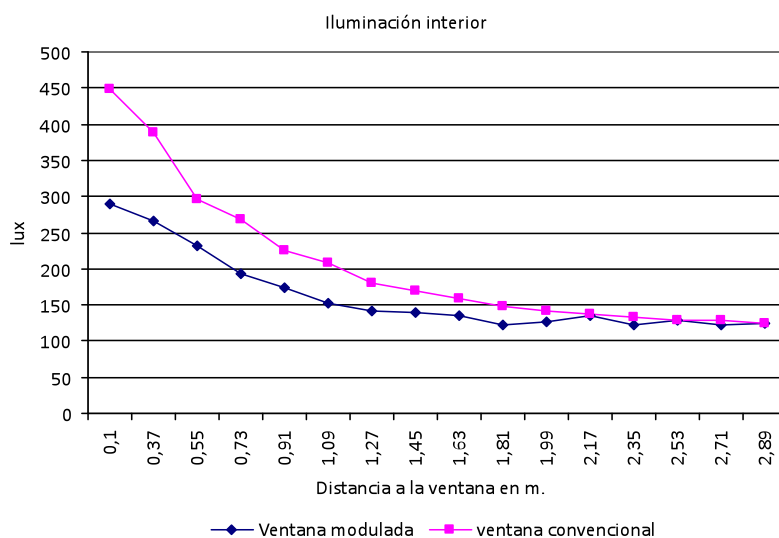


Figura 3.- Iluminancia interior en una línea perpendicular a la ventana, recibida a las 12 h del 21 de diciembre en una Latitud de 39° N, para una iluminancia exterior de 10000 lux. a) Con ventana modular; b) con ventana convencional. Elaboración: Ignacio Anta.

PONENCIAS

Para el análisis lumínico se ha utilizado el programa informático Ecotect aplicado a dos habitaciones orientadas hacia el sur, de idénticas dimensiones e iguales acabados de las superficies interiores, pero que tienen distinto sistema de iluminación natural: Una de ellas con la ventana convencional que sirve como referencia y la otra, con la ventana modular. Se han evaluado para el 21 de diciembre al mediodía, con una iluminancia exterior difusa sobre plano horizontal de 10000 lux. Los resultados se muestran en las figuras siguientes: La fig. 2 muestra los resultados de la iluminancia sobre plano horizontal en el total de la habitación. Como se puede observar, la ventana modular produce una distribución más uniforme y con valores un poco más elevados que la ventana convencional, en varios puntos alejados del hueco.

En la fig. 3 se muestra la iluminancia en puntos situados sobre una línea perpendicular a la ventana; se observa que la ventana modular equilibra los niveles de iluminancia que se reciben en el interior de la habitación: hay menores diferencias entre el máximo y el mínimo valor. Además, en la mitad más cercana al hueco, donde puede producirse exceso de luminosidad, se reduce la iluminancia desde un 40 hasta un 17 %; mientras que la mitad más alejada del hueco mantiene los mismos niveles que la ventana convencional. Así, la ventana modular produce una reducción en la zona de la habitación con mayor disponibilidad de iluminancia, mientras que mantiene los niveles en la zona donde se requiere aumentar ésta. Será parte de nuestra próxima investigación, buscar la forma más apropiada, tanto de la bandeja de captación como del techo de la habitación, para conseguir no sólo que se mantengan, sino que aumenten los niveles en la mitad más alejada del hueco.

Térmica, con el programa Desing Builder.

Se ha simulado la ventana de la fachada sur, en el dormitorio 1, que es la habitación situada en la planta primera y que en la vivienda tradicional cuenta con dos ventanas. Para su estudio se propone la sustitución de las dos ventanas existentes por dos ventanas modulares. En una semana típica de invierno y una de verano, se evaluó la eficiencia energética y el comportamiento de los componentes propuestos y sus materiales, específicamente el consumo de energía por calefacción en invierno y por enfriamiento en verano y se comparó con una ventana convencional.

Las características de la ventana introducidas en el programa son las siguientes:

CERRAMIENTO EXTERIOR DE INVERNADERO Y TROMBE	
Material	Transmitancia (W/m^2K)
Vidrio sencillo 3mm	5,894
Transmitancia (W/m^2K)=3.98	

CERRAMIENTO INTERIOR DE INVERNADERO	
Material	Transmitancia (W/m^2K)
Vidrio 4/6/4	3,139
Marco de aluminio con rotura de puente térmico	1,809
Transmitancia (W/m^2K)= 2,64	

CERRAMIENTO INTERIOR DEL TROMBE				
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Calor específico (J/kgK)	Densidad (kg/m^3)
Parafina	0,10	5,22	9000	1080
Aluminio	0,002	230	880	2700
Aislante de fibra de madera	0,03	0,038	2100	55
Aluminio	0,002	230	880	2700
Transmitancia (W/m^2K)=1,022				



PONENCIAS

CAJA DE LA VENTANA				
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Calor específico (J/kgK)	Densidad (kg/m ³)
Aluminio	0,002	230	880	2700
Aislante de fibra de madera	0,03	0,038	2100	55
Aluminio	0,002	230	880	2700
Transmitancia (W/m ² K)=1,042				

Los resultados obtenidos de consumos en el dormitorio 1 son los siguientes:

Tabla 1.- Ventana convencional.

VENTANA CONVENCIONAL (dormitorio 1) - 6 intervalos por hora			
Periodo		kWh	kWh/m ²
01/01-31/12	Demanda en calefacción (Gas)	800,04	46,67
01/01-31/12	Demanda en refrigeración (Electr.)	254,55	14,85
	Demanda total	1054,6	61,52

En la última columna de las tablas se muestra el cálculo de la variación porcentual de las cargas de calefacción y refrigeración con respecto al edificio de referencia.

Tabla 2.- Ventana modular.

VENTANA MODULAR (dormitorio 1) – 6 intervalos por hora (17,14 m ² climatizados)				
Periodo		kWh	kWh/m ²	Δ%
01/01-31/12	Demanda en calefacción (Gas)	650,02	37,92	-18,75%
01/01-31/12	Demanda en refrigeración (Electr.)	159,54	9,31	-37,32%
	Demanda total	809,56	47,23	-23,23%

Elaboración: Carmen Sánchez-Guevara

Se comprueba cómo la colocación de la ventana modular en la vivienda genera un ahorro en la habitación en la que se coloca de casi el 19% durante los meses de calefacción y un 37,32% durante los meses de refrigeración. Al año se produce un ahorro total de un 23%.

Criterios de diseño bioclimático en Madrid.

En **Madrid**, situada en una latitud de 40º norte, y con una altura sobre el nivel del mar de 655 m, las variaciones de la temperatura diaria y anual son muy acusadas, llegando a tener 15ºC de diferencia entre la temperatura mínima y la máxima, en un día de verano. Si tenemos en cuenta el comportamiento anual, las diferencias llegan a ser de unos 25ºC entre un día de invierno y uno de verano.



PONENCIAS

Estrategias a aplicar (en porcentajes anuales):

- Medios activos de calentamiento (calefacción convencional) 27%
- Captación de la radiación solar incidente 28%
- Masa térmica, para almacenar la radiación solar captada y retardar su pérdida 18%
- Protección solar 20% desde mayo hasta octubre
- Enfriamiento pasivo (ventilación nocturna, enfriamiento evaporativo) 7%

En definitiva, se puede decir que en Madrid se requiere al año un 73% del tiempo para calentar, y un 27% para enfriar [7].

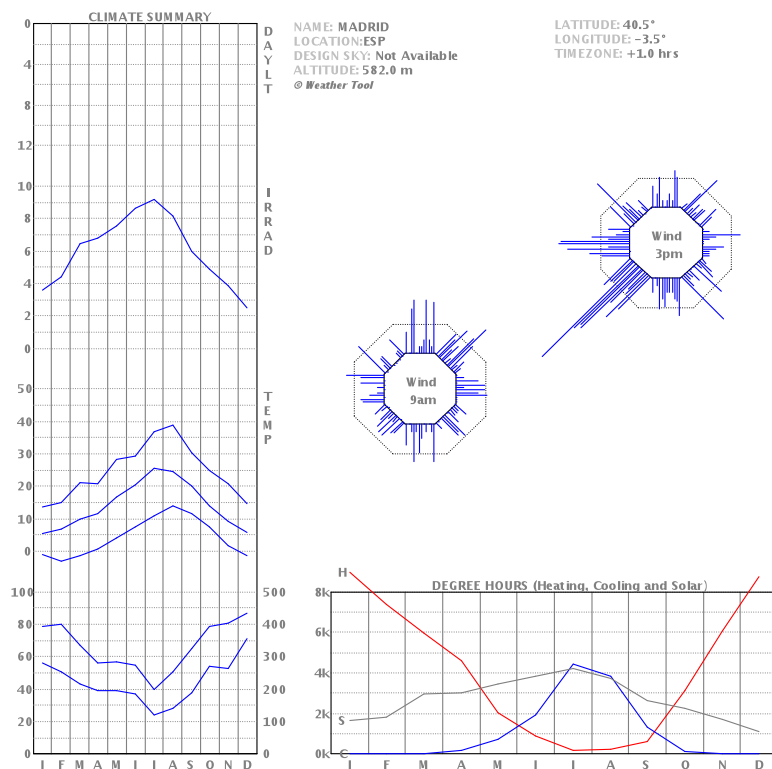


Figura 4.- Resumen de Estudio climatológico de Madrid.

Una vez conocidas las estrategias bioclimáticas a aplicar en los huecos de la fachada, tanto en las condiciones de verano como de invierno, se plantea integrar en un mismo elemento los componentes más relevantes, de entre las estudiadas en un inventario de estrategias bioclimáticas pasivas, realizado por el grupo de investigación anteriormente mencionado.

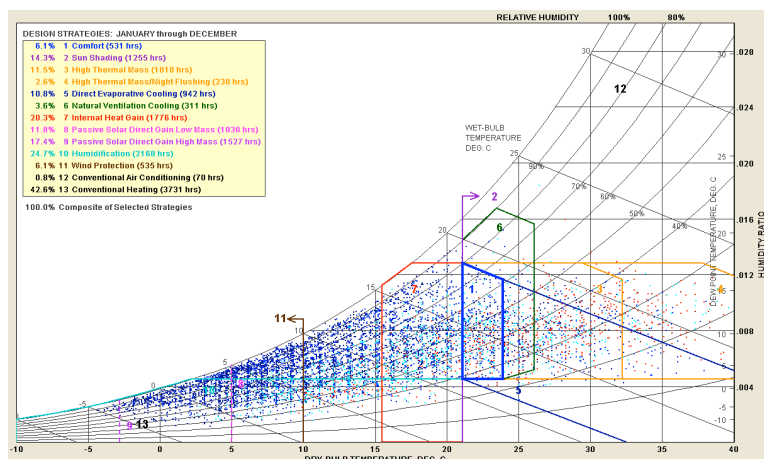


Figura 5.- Diagrama psicrométrico para Madrid.

La ventana modular en rehabilitación

Las ventanas, en general, se pueden clasificar en tres tipos: la ventana tradicional, convencional y la ventana de la fachada ventilada; en estos casos presentan cuatro componentes básicos, perímetro del hueco, carpintería, practicabilidad y el acristalamiento [8,13]. Sin embargo, la ventana modular en la rehabilitación presenta más componentes que los anteriormente mencionados, con el fin de mejorar el comportamiento térmico y lumínico:



PONENCIAS

1. *La protección solar* reduce la ganancia de calor y la luz difusa natural sobre el espacio de trabajo, también redirecciona la ventilación según el ángulo que se quiera. Puede ser una persiana graduable o enrollable, o una contraventana.

2. *El bastidor* garantiza la integración y estanqueidad entre muro y premarco de la ventana. También facilita el medio constructivo entre ambos, evitando la pérdida y ganancia de calor por una mala junta.

3. *El acristalamiento* podría ser el método más sencillo para aumentar al máximo la luz dentro de un espacio, con solo aumentar su área. Sin embargo, con el fin de optimizar el sistema de abertura, lo ideal es seleccionar un vidrio que equilibre los valores del coeficiente de sombra y de la transmisión de luz.

4. *La bandeja de captación solar*, estrategia de iluminación superior simple, permite que la luz ingrese en el espacio a través de elementos con alta reflectancia en el área de la habitación, que tendrán un impacto significativo y una homogenización de luz sobre el espacio.

5. *La captación solar* el comportamiento térmico de la ventana en invierno, evitando el uso innecesario de dispositivos de climatización; en consecuencia, se obtiene un ahorro de energía.

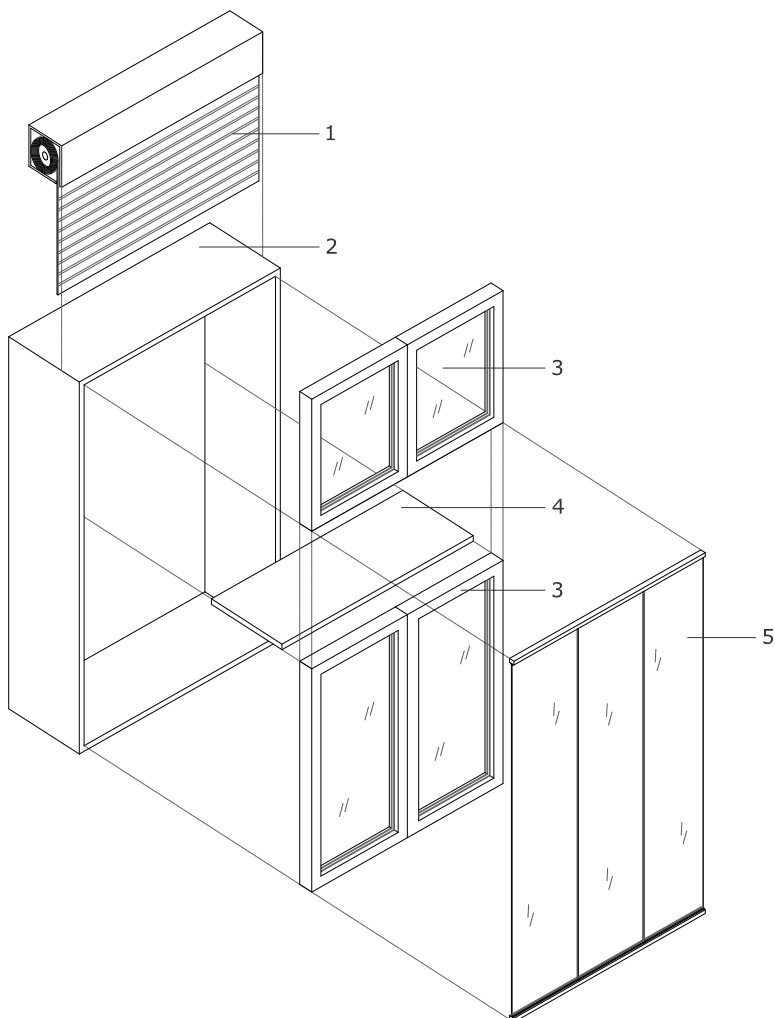


Figura 6.- Componentes de la ventana modular en rehabilitación.

1. Protección solar
2. Bastidor
3. Acristalamiento oscilobatiente
4. Bandeja de captación solar
5. Acristalamiento con corredera, deslizante y plegable

Funcionamiento de ventana en la rehabilitación

Para el óptimo funcionamiento de la ventana, es necesario que el usuario controle la apertura y cierre de algunos de sus componentes, según las condiciones climáticas, de la siguiente manera:



PONENCIAS

En invierno de día:

La bandeja de captación solar se abre, para reflejar luz en la zona más alejada de la ventana en la habitación.

El aireador y los acristalamientos están cerrados, para evitar la pérdida de calor.

La persiana se abre, para conseguir mayor iluminación, ganar calor y mantener el contacto visual con el exterior.

En invierno de noche:

Se cierran la bandeja de captación solar, el aireador, los acristalamientos y la persiana, para evitar las pérdidas de calor.

En verano de día:

Se cierran la bandeja de captación solar, el aireador y los acristalamientos, para evitar la ganancia de calor.

La persiana esta parcialmente cerrada, para que la iluminación refleje sobre el alféizar.

En verano de noche:

Se abren la bandeja de captación solar, el aireador, los acristalamientos y la persiana, para ventilar.

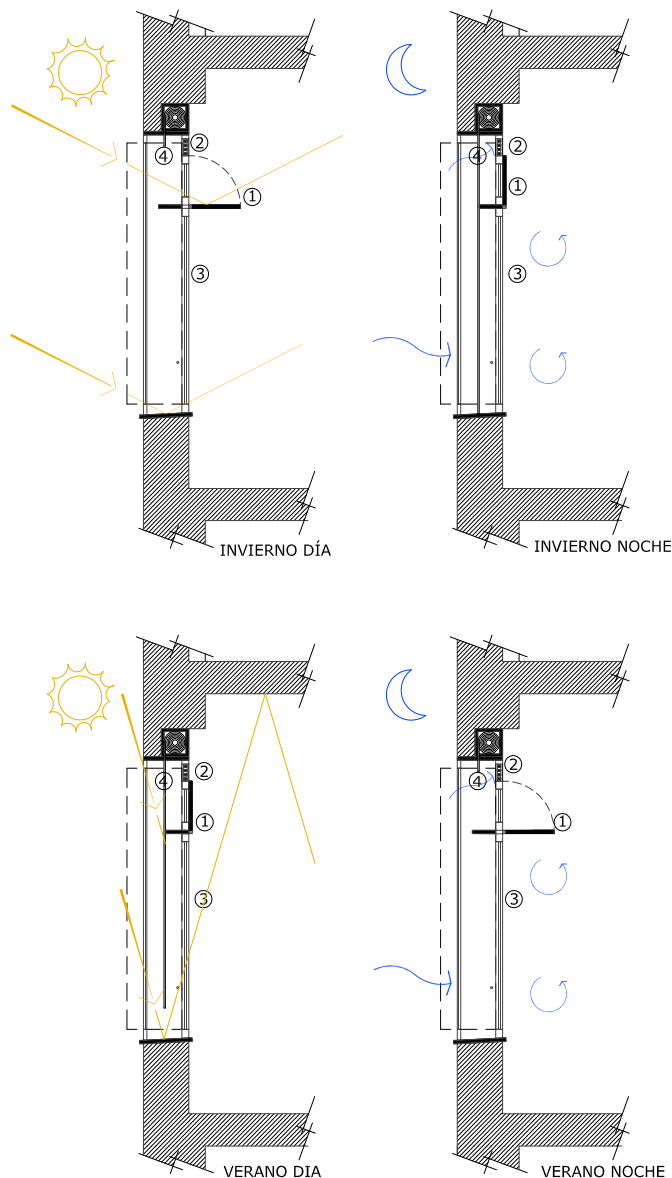


Figura 7.- Funcionamiento de la ventana modular.

1. Bandeja de captación solar
2. Aireador
3. Acristalamiento
4. Persiana

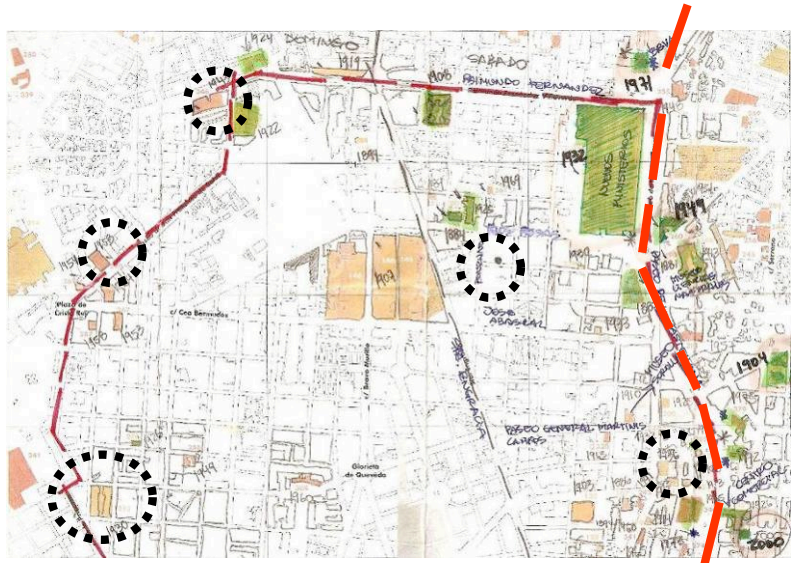
La ventana modular aplicada en la rehabilitación de la Casa de las Flores

En un estudio realizado recientemente sobre los sistemas constructivos de embocaduras y recercados del siglo XX en Madrid, se seleccionaron del Barrio Chamberí en Madrid algunas edificaciones de uso residencial, y a éstas se le estudió el posible sistema constructivo aplicado en aquel momento a las embocaduras y recercados de los huecos, como se puede ver en la figura 8.



PONENCIAS

Ahora este estudio sirve para ratificar que, independientemente del sistema constructivo de los huecos y de sus dimensiones, es factible la aplicación de la ventana modulada para rehabilitación, salvo los casos en que las dimensiones de los huecos sean pequeños y cuando la Dirección General de Patrimonio Histórico de la CAM no lo permita.



CASA GARAY



CASAS DE LAS FLORES



CONJUNTO DE EDIFICIOS DE VIVIENDAS EN MANZANA SEMIABIERTA.



COLEGIO MAYOR SANTA MARIA DEL PINO



BRAVO MURILLO 52

1901 / 1920	1921 / 1940	1941 / 1960	1961 / 1980	1981 / 2000
Las molduras y el aplacado en piedra natural se utilizaban para jerarquizar el piso bajo del resto de la edificación. Marcos decorativos y elementos ornamentales en las puertas y ventanas.	La disposición casi en su totalidad de un único material hasta para las embocaduras y recercados tanto de puertas como ventanas, en la casa de las flores es en ladrillo.	En el conjunto de edificios se combina material según jerarquía al igual que en el Museo y en la Casa Garay.	Las grandes lunas de vidrio se hace evidente para los edificios de vivienda, el recercado es un elemento ligero y casi imperceptible "como el marco que sostiene la luna de vidrio".	La tecnología ha influenciado la tipología arquitectónica y casi se podría ver una edificación de vivienda como una de oficina. Los recercados aparecen como juntas de vidrio.

Figura 8.- Ubicación y resumen del estudio realizado [3, 4, 6].

Los tiempos en los que las ventanas eran simples agujeros para la luz dentro de gruesos muros, expuestos a las corrientes de aire, han pasado. El hueco de la ventana sigue siendo un punto débil para la rehabilitación.

El manual de directrices para la conservación destaca La Casa de las Flores de Secundino Zuazo (1930), la que el Plan General de la ciudad de 1997 le otorga el máximo grado de protección (Protección Integral). Sin embargo, es un hecho que las intervenciones indiscriminadas son resultado de causas tan diversas como las necesidades cambiantes de la vecindad.

El manual resume las virtudes e inconvenientes que presenta actualmente la edificación y destaca la presencia de buena iluminación en su interior; sin embargo, ha dejado de ser eficiente en su comportamiento térmico y los propietarios se han visto obligados a realizar intervenciones nada adecuadas, sobre todo si se considera que es una edificación en la que Patrimonio no permite realizar todo tipo de intervenciones [9].

El conjunto presenta una amplia variedad de ventanas que responden a las fachadas de las calles o del patio, incluso al uso del espacio. Se usarían los componentes que más se adaptan a la imagen original de la edificación, pudiendo adaptarse a casi todos los tipos de ventana que se observan en sus fachadas, la



PONENCIAS

tipo con persiana abatible o con contraventana, e incluso la de los patios que tiene una fresquera. A continuación, se muestra cómo podría ser una intervención que respete la imagen de la edificación y mejore sus condiciones térmicas.

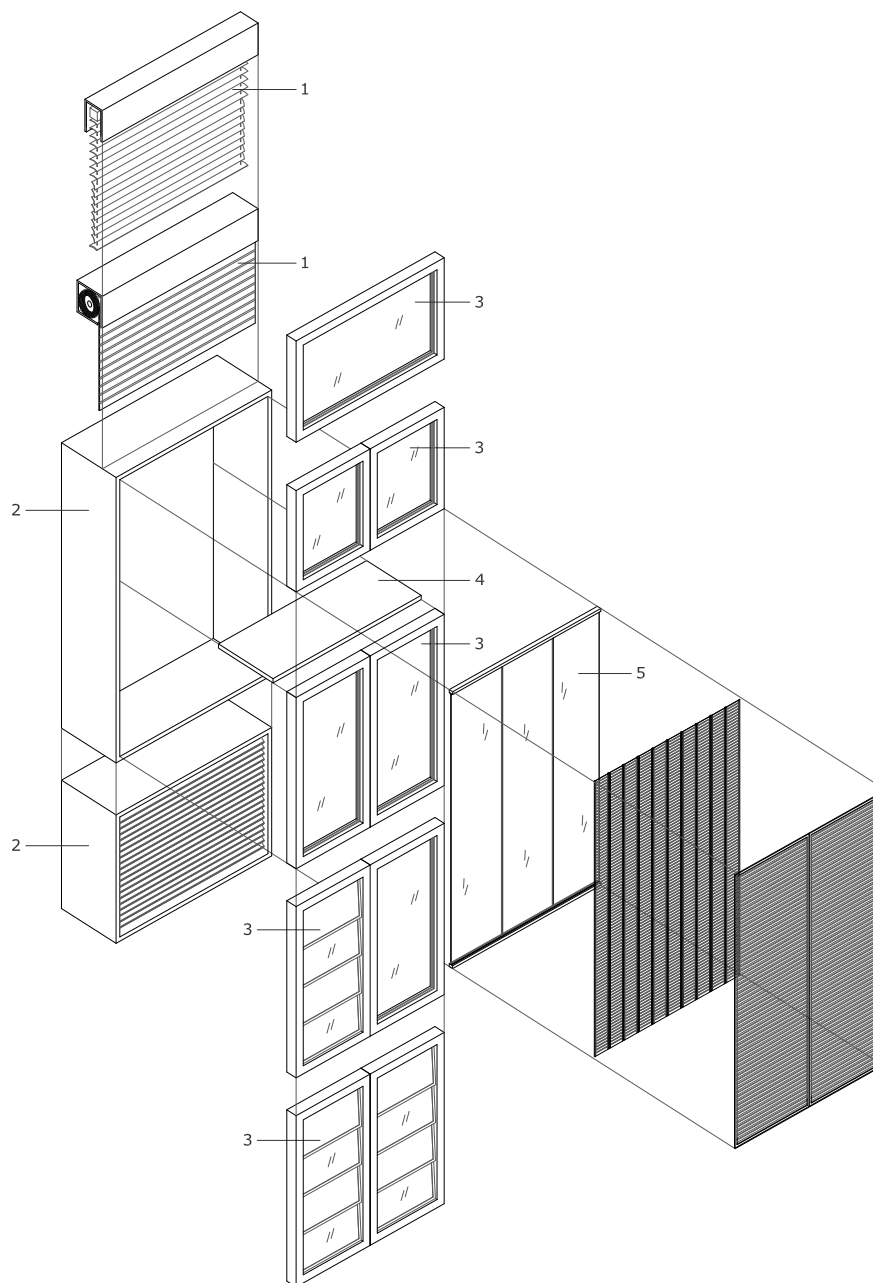


Figura 10.- Opciones de configuración.

1. Protección solar (persiana graduable, mallorquina, contraventana)
2. Bastidor (hueco de ventana tipo, hueco de ventana con fresquera)
3. Acristalamiento oscilobatiente (practicable, celosía con cierre estanco)
4. Bandeja de captación solar.
5. Acristalamiento con corredera, deslizante y plegable.

PONENCIAS

CONCLUSIONES

Actualmente se están realizando mediciones en dos modelos a escala 1:10, uno con la ventana modular y otro con la convencional, en condiciones de cielo real. Los resultados obtenidos se compararán con los de la simulación con el programa Ecotect, lo que permitirá evaluar la eficiencia lumínica de la bandeja de captación solar.

Hasta ahora se calcula que el coste aproximado de la ventana, es de unos **4200 euros**, pero aún falta calcular el periodo de amortización de esta inversión en una edificación convencional.

Se realizarán también simulaciones para comprobar el óptimo funcionamiento de la ventana modulada aplicada en rehabilitación; posteriormente se establecerá el coste de ésta.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Grupo de Investigación ABIO y al Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la ETSAM, por el apoyo prestado en todas las fases de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Asociación Española de Fabricantes de Fachadas Ligeras y Ventanas, "Ventanas: Manual de producto". Madrid: AENOR, 2005.
- (2) A. Soler; P. Oteiza, "Dependence on solar elevation of the performance of a lightshelf as a potential daylight device" International Journal of Renewable Energy, Pergamon Press, (1996), Londres. pp. 198-201.
- (3) Chueca G., F., Sambricio, C., Capitel A., Ruiz C., G., Hernández de León, J. M., "Arquitectura de Madrid, siglo XX". Fundación Antonio Camuñas. 1999.
- (4) Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. "Guía básica de Arquitectura de Madrid". 2002.
- (5) D. Phillips, "Daylighting: Natural Light in Architecture". Ámsterdam etc.: Elsevier, 2004.
- (6) Empresa Municipal de Vivienda y Suelo (EMVS). "Guía de Arquitectura de Madrid 1975-2007". 2006.
- (7) F. Javier Neila, Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. 1ª edición. Madrid. Editorial Munilla-Lería. 2004.
- (8) H. Köster, "Dynamic daylight in architecture: basics, systems, projects". Editor: Birkhäuser. 2004.
- (9) J. Milla; M. Mira y G. Navarro, "Manual de directrices para la conservación de la Casa de las Flores". Dirección General de Patrimonio Histórico. Consejería de Cultura y Deportes. Comunidad de Madrid, 2003.
- (10) M. Mendizábal, "Manual de la ventana". Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1988.
- (11) P. Oteiza; A. Soler; "Influence of shading devices in the distribution of natural light within models" Renewable Energy, Nº 5, Pergamon Press, (1994), Londres. pp. 2181-2183.
- (12) P. Oteiza; A. Soler, "A comparison of the daylighting performance of the different shading devices giving the same solar protection" Architectural Science Review, Vol 38-4, Sydney, Australia, Diciembre 1995. pp. 171-176.
- (13) Tectónica 4. "El hueco". ATC Ediciones, S.L., 1995.

